

Distribuição espacial da susceptibilidade à erosão hídrica nas bacias das ribeiras de Picos e Seca (Santiago, Cabo Verde)

Fernando Lagos Costa & Maria do Carmo Nunes

Instituto de Investigação Científica Tropical

Travessa Conde da Ribeira, 9 B 1º 1300-142 Lisboa, Portugal

Tel/Fax: (0351) 213640046 Email: flcosta1955@gmail.com; maria.nunes@iict.pt

Resumo: Os processos de erosão hídrica em Cabo Verde são os mais marcantes da dinâmica actual das vertentes, pois são os mais comuns e que afectam áreas extensas durante a curta estação húmida de três meses. A ocorrência de episódios chuvosos concentrados no tempo e com uma evidente irregularidade espacial permitem uma acentuada erosividade das precipitações, marcada por uma forte irregularidade regional. A forte variabilidade das formas de relevo, a diversidade da natureza das unidades geológicas e a multiplicidade de ocupação do solo favorecem condições de erodibilidade muito contrastadas no espaço.

O objectivo deste trabalho é estabelecer um modelo de susceptibilidade à erosão hídrica em função de factores geomorfológicos (declive, perfil e traçado das vertentes e erodibilidade das unidades litológicas e dos materiais de cobertura), climáticos (intensidade pluviométrica) e de ocupação do solo para as bacias das ribeiras dos Picos e Seca. Os resultados foram obtidos com recurso ao ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Este trabalho surge na sequência de outros já realizados pelos autores, onde se apresentaram as condições de erodibilidade e erosividade para áreas mais restritas da Ilha de Santiago.

O modelo de susceptibilidade à erosão hídrica resultou do cruzamento dos mapas de declives, de perfil e do traçado das vertentes, obtidos a partir do modelo digital de terreno (DTM), do mapa geológico, da distribuição espacial da intensidade pluviométrica e da densidade de ocupação do solo, tendo em conta que são estas as principais condicionantes de erosão hídrica, referidas pelos autores que estudaram esta região. Cada um destes mapas foi reclassificado com base numa análise qualitativa do grau de erodibilidade, sendo atribuído um número de ordem a cada classe, em função da sua susceptibilidade à erosão hídrica, conforme foi localmente reconhecido.

Verifica-se que as áreas de maior susceptibilidade à erosão hídrica são as do sector sudeste da bacia da Ribeira Seca e as vertentes dos principais vales da bacia da Ribeira

dos Picos, onde se encontram as unidades geológicas mais friáveis, os declives mais acentuados e onde predominam sectores das vertentes de traçado côncavo, a que se associa pontualmente a mais elevada intensidade pluviométrica.

Palavras-chave: Erosão hídrica, erodibilidade, erosividade das precipitações, Ilha de Santiago, Cabo Verde.

In Cape Verde the hydric erosion is common during the short wet station of three months and is the most dynamic slope process and the most widespread in spatial terms. The rainy events are short and intense, with a great regional irregularity, which allows an high regional variability of the erosivity conditions.

The erodibility conditions register also a strong spatial variability due to the landforms contrasts, the diversity lithology and structure of the geological units, and the regional multiplicity of land cover density conditions.

The main objective of the study is to develop a geographical model of susceptibility to hydric erosion in Ribeira Seca and Picos basins, based on geomorphological factors (slope angle, profile and tangential curvatures, lithological units and sedimentary cover materials erodibility), climatic one (pluviometric intensity) and land cover density. This study is carried out in the sequence of other ones developed by the authors on more limited areas of Santiago Island or using a more restricted number of factors.

The model results from the sum in rank of the maps of spatial distribution of the main factors of hydric erosion, referred by several authors to Santiago: the landform maps obtained from the digital elevation model (DEM); the geological map; the pluviometric intensity spatial distribution; and the land cover density. A hierarchic number of susceptibility to hydric erosion was attributed to each class of these maps, based on qualitative analysis and field work measures evaluation of the relative degree of erodibility or erosivity.

The south-east sector of the Ribeira Seca basin and the slopes of the main valleys of the Picos one are the more susceptible to hydric erosion, due to the local friability of the geological unities, the steepness of the slopes, and the frequent sectors of concave curvature, and locally the highest pluviometric intensity.

Key words: Hydric erosion, erodibility, rainfall erosivity, Island of Santiago, Cape Verde.

1. Introdução

As bacias das ribeiras dos Picos e Seca desenvolvem-se na fachada oriental, mais húmida de Santiago, entre o Maciço do Pico da Antónia (1350 m) e a costa leste, a sul de Pedra Badejo (fig. 1). Trata-se de bacias contíguas, com uma linha divisória de águas de disposição NE-SO, e com desembocaduras que se encontram a cerca de 500m de distância entre si. São as bacias mais extensas da Ilha, tendo a da Ribeira Seca 71.0 km² e a forma aproximada de um triângulo rectângulo, e a dos Picos 51.8 km² e uma forma muito alongada e mais larga no sector da cabeceiras.

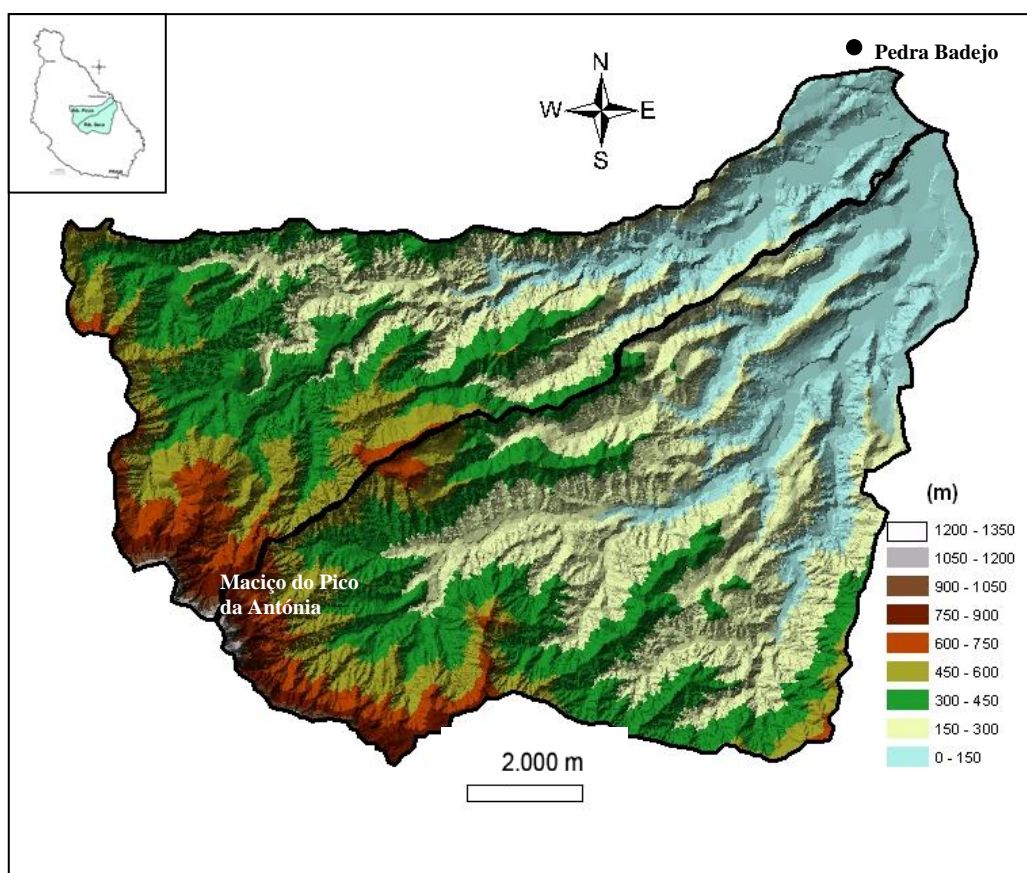


Figura 1 – Localização das bacias das ribeiras Seca e dos Picos.

Em ambas a maioria dos afluentes desenvolve-se na margem direita e os colectores principais encontram-se deslocados para norte.

2. Condicionantes à erosão hídrica

Numa grande extensão as bacias encontram-se talhadas no *Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA)* (Serralheiro, 1976), litologicamente muito diversificado, que engloba rochas de diferentes episódios geológicos, do Miocénico e do Pliocénio. Maioritariamente trata-se de um complexo vulcânico, constituído por assentadas de origem subaérea, que formam as séries mais espessas e extensas da Ilha, como no Maciço do Pico da Antónia. Estas assentadas têm intercalações piroclásticas mais frequentes para o interior das bacias, em particular mais próximo das cabeceiras, enquanto as assentadas lávicas são mais extensas e espessas para leste e nordeste, onde formam cornijas nos topos das vertentes. Para o litoral e para a base encontram-se outras assentadas de carácter submarino, que ocupam superfícies menores e se encontram mais próximo do litoral (Alves *et al.*, 1979). Estão representadas por lavas em almofada e hialoclastitos, maioritariamente alterados e fragmentados, surgem ao longo dos vales, a meia vertente e para a base, nos sectores leste e nordeste das bacias, mais a jusante, até uma altitude máxima de 250m, a cerca de 9km da costa.

Os materiais deste complexo vulcânico assentam sobre um outro de origem sedimentar, de carácter conglomerático-bréchoide, designado de Formação dos Órgãos (CB) (Serralheiro, 1976), atribuído ao Miocénico, que se encontra sobretudo nos sectores interior e centro sudoeste da bacia da Ribeira Seca, onde se desenvolvem vales encaixados, mas amplos. Trata-se de formações detríticas muito espessas, de fácies terrestre cujas características são, em geral, muito diversificadas e heterogéneas no espaço quanto à granularidade, à natureza e ao estado de superfície dos sedimentos. Os elementos são fundamentalmente de natureza basáltica, embora apresentem uma grande diversidade litológica (Alves *et al.*, 1979). O seu grau de coerência e compacidade é também variável, no entanto, parecem predominar os mais friáveis. Esta característica permite a rápida alteração superficial acentuada destes materiais, conforme salientou Serralheiro (1976). Torna-se, também, uma rocha finamente permeável e fácil de entalhar pela erosão hídrica, o que se evidencia, sobretudo, por uma elevada densidade de drenagem.

Estas unidades geológicas sobrepõem-se à Formação de Flamengos, do Miocénico inferior, e ao Complexo Eruptivo Antigo, ante-Miocénico, constituídos igualmente por rochas essencialmente basálticas que se apresentam muito alteradas. Afloram no fundo e a meia vertente dos principais vales da bacia da Ribeira dos Picos e no seu sector das

cabeceiras. Dado o contraste de dureza destas unidades com as espessas assentadas lávicas basálticas sobrejacentes, que formam espessas cornijas nos topos, os vales são encaixados e no geral mais estreitos que na bacia da Ribeira Seca.

Os contrastes geológicos são os principais factores que marcam a diversidade de condições geomorfológicas nestas bacias. As suas cabeceiras desenvolvem-se no Maciço do Pico da Antónia, a oeste, com altitudes acima dos 400m, interflúvios alongados e muito inclinados, vertentes frequentemente com declives superiores a 35% e com perfil e traçado rectilíneos.

Nos seus sectores médios das bacias as altitudes variam entre 200 e 400m, os topos são predominantemente convexos, alongados, estreitos e inclinados e vertentes têm, no geral, declives acima dos 20% e perfil e traçado rectilíneos.

No sector nordeste, abaixo dos 200m de altitude, desenvolve-se uma unidade de relevo de planaltos sub-estruturais, com topos limitados por cornijas de basalto e vertentes regularizadas por cascalheiras, com declives que suavizam para a base, predominando os sectores com perfis rectilíneo-côncavos e com traçados rectilíneos.

Os tipos de processos erosivos mais comuns em cada sector dependem das suas condições de erodibilidade, profundamente relacionadas com a morfologia e a litologia (Costa, 1996 e 2002).

Os processos erosivos resultantes da acção da gravidade, típicos da longa estação seca, afectam sectores bem definidos pelas condições lito-estruturais locais das rochas do substrato. Os processos erosivos sob a acção do escoamento, em face dos declives acentuados, desempenham o papel mais importante no balanço final da erosão (Haagsma, 1990). Ocorrem no período húmido, afectando de forma generalizada todas as unidades de relevo, embora não de igual modo. Acentua-se no sector médio das bacias, onde se formam os sulcos e as ravinas mais extensos, largos e profundos e com uma maior densidade (Costa, 2004). No sector mais oriental são comuns os ravinamentos, sendo pouco marcados os processos de sulcagem e lavagem de elementos finos, devido à frequente cobertura por cascalheiras (Costa, 2002). Na unidade do Maciço do Pico da Antónia predominam o entalhe activo de valeiros e o ravinamento.

Em cada sector a erosão hídrica não afecta com a mesma intensidade todos os locais, dependendo da diversidade regional da erosividade das precipitações, particularmente condicionada pelo seu carácter concentrado e intenso (Ferreira, 1986 e 1996; Mannaerts, 1986). Depende também da variação espacial da erodibilidade, associada aos contrastes geomorfológicos das condições de declive (Marques, 1984 e Bertrand,

1994), perfil (Barry e outros, 1995; Bertrand, 1994; Wit, 1986) e traçado das vertentes (Costa, 2004 e 2006), à competência à erosão das formações geológicas ou dos materiais de cobertura (Costa, 2002; Costa e Nunes, 2007a) e à densidade de ocupação vegetal do solo (Costa e Nunes, 2008b).

Efectuaram estudos sobre a erosividade das precipitações para algumas regiões na Ilha de Santiago, baseados na análise da intensidade pluviométrica, da componente erosividade das precipitações da equação de Fournier e do número de dias de precipitação (Costa e Nunes, 2008a e 2009). De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que as maiores concentrações temporais da precipitação não ocorrem nos maciços montanhosos mais elevados e mais pluviosos, mas nas suas vertentes orientais e nos primeiros alinhamentos de relevo mais expostos aos fluxos pluviogénicos de nordeste (Costa e Nunes, 2009).

O declive, apesar de ser geralmente acentuado, tem grande variabilidade espacial com repercussões notórias na erodibilidade. Os testemunhos mais evidentes de erosão hídrica, sobretudo sulcos e ravinas, registam-se com uma maior densidade e dimensão em declives entre 10 e 70% (Costa, 2004). Na realidade são estas as condições que permitem escoamento fácil e concentrado para que decorra erosão hídrica, particularmente mais acentuada entre 20 e 35%. Em declives de 10 a 20% surgem ravinas, que, embora extensas e de maiores proporções, têm uma menor densidade, e entre 35 e 70% ocorrem sobretudo sulcos. Em declives abaixo de 10% o escoamento é lento e os vestígios de erosão hídrica vão escasseando, o mesmo sucedendo acima dos 70%, onde se observa algum rebaixamento topográfico (Costa e Nunes, 2008b).

O perfil das vertentes é igualmente variável, com evidentes consequências nas condições de erosão hídrica, sendo os sectores de perfil rectilíneo, mais frequentes a meia vertente, os mais susceptíveis, a que se seguem os convexos, mais comuns para o topo, e por fim os côncavos, predominantemente para a base das vertentes (Wit, 1986; Costa e Nunes, 2007a).

O traçado das vertentes condiciona igualmente a drenagem e consequentemente a erodibilidade, sendo os sectores côncavos os mais atingidos, seguidos dos convexos e por fim os rectilíneos (Costa, 2004; Costa e Nunes, 2007a).

As diferentes unidades geológicas e materiais de cobertura têm também susceptibilidades à erosão hídrica diversificadas, sendo as áreas mais susceptíveis as talhadas em materiais friáveis, com texturas granulares a finas, como alguns piroclastos, depósitos fluviais e sobretudo conglomerados e brechas sedimentares, bem como as

assentadas basálticas mais antigas e muito alteradas que ocupam o fundo e a meia vertente dos principais vales de ambas as bacias e o seu sector das cabeceiras da Ribeira dos Picos. As unidades menos susceptíveis à erosão hídrica são as formações sedimentares plio-quadernárias e os mantos lávicos do complexo eruptivo dominante nas bacias. Os sectores que se podem considerar de erodibilidade média, encontram-se associados a afloramentos de lavas em almofada e cobertos por cascalheiras (Costa, 2002).

A erodibilidade depende ainda da ocupação do solo, das práticas agrícolas e das medidas de conservação, aumentando com a redução da densidade de coberto vegetal (Costa e Nunes, 2008b).

Com base nestes factores (intensidade pluviométrica, declive, perfil e traçado das vertentes, litologia e densidade de ocupação do solo) Costa e Nunes (2008b) elaboraram um modelo de avaliação da susceptibilidade de erosão hídrica, para a bacia da Ribeira Seca. De acordo com aquele modelo verificou-se que os sectores mais susceptíveis são as vertentes dos principais vales, onde os factores morfológicos, geológicos e a fraca densidade de coberto vegetal acentuam a erodibilidade e a elevada intensidade pluviométrica conduzindo a uma forte erosividade.

3. Metodologia e resultados

No presente trabalho alarga-se à bacia contígua da Ribeira dos Picos o modelo desenvolvido Costa e Nunes (2008b) para a bacia da Ribeira Seca para avaliar a distribuição espacial de susceptibilidade à erosão hídrica, com recurso a Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Para o efeito cruzaram-se os mapas de declives, de perfil e do traçado das vertentes, obtidos a partir do modelo digital de terreno (MDT), o mapa geológico e o de densidade de coberto vegetal do solo, tendo em conta que são estas as principais condicionantes de erosão hídrica, referidas pelos autores que estudaram a região.

O MDT foi obtido a partir do mapa topográfico (SCE, 1972), a informação sobre a litologia e materiais de cobertura do mapa geológico (JIU/IICT, 1976) e a referente à densidade de coberto vegetal do mapa de ocupação do solo (SCETAGRI, 1981).

Cada um dos mapas foi reclassificado sendo atribuído um número de ordem a cada classe, cuja hierarquia relativa é função da análise qualitativa da sua susceptibilidade à

erosão hídrica, conforme foi localmente reconhecido, sobretudo de acordo com informações detalhadas de campo (Roose, 1994; Barry et al. 1995; Costa 2002).

O mapa de intensidade pluviométrica foi obtido com base em dados de 20 anos (1977-1997), de 60 postos udométricos, referentes à precipitação mediana anual e ao número de dias de precipitação, resultando do quociente entre ambas as variáveis (mm/dia).

Deste modelo resultou um mapa de susceptibilidade à erosão hídrica em função dos factores morfológicos (fig. 2d). Foi obtido a partir do somatório em *rank* dos três mapas relativos ao declive, perfil e traçado das vertentes (fig. 2 a, b, c) e da reclassificação para três classes de susceptibilidade (baixa, média e elevada).

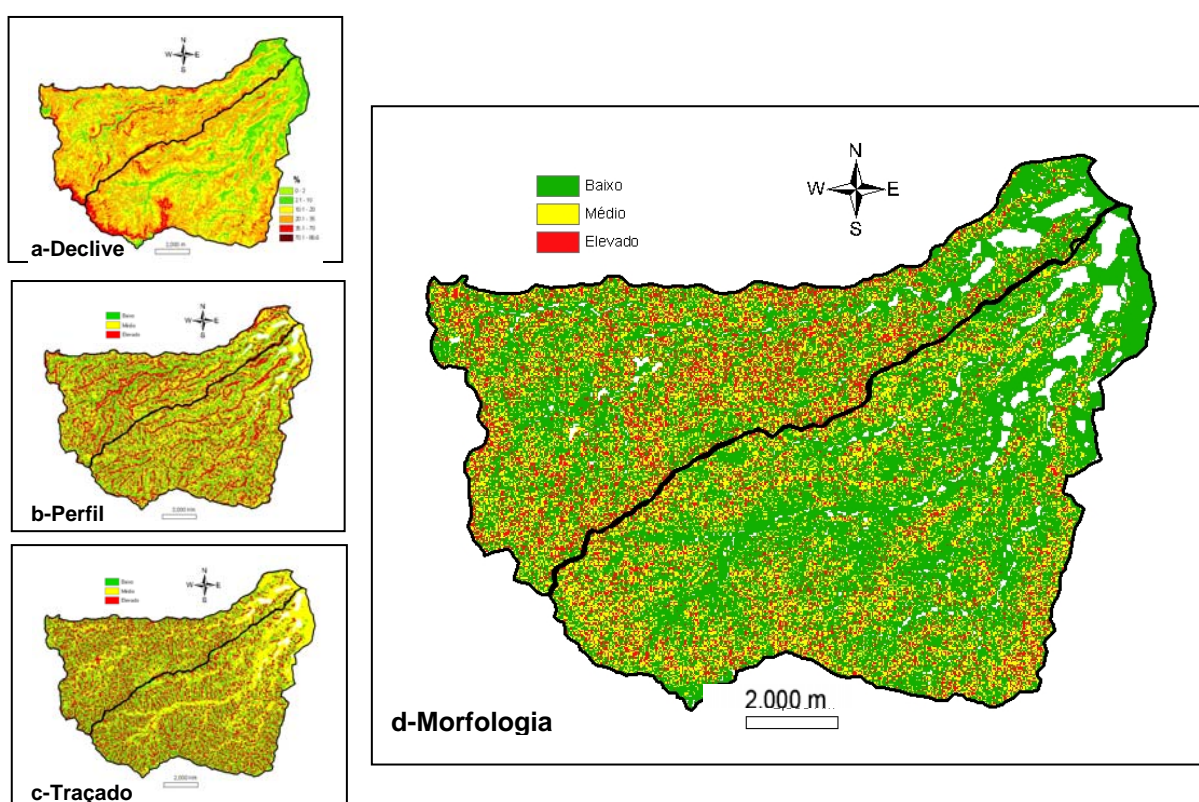


Figura 2 – Susceptibilidade à erosão hídrica em função de factores morfológicos (declive, perfil e traçado das vertentes).

A informação geológica (fig. 3b), a de densidade de coberto do solo (fig. 4b) e a de intensidade pluviométrica (fig. 4c) foram igualmente discretizadas em classes de erodibilidade e erosividade relativas e incluídas no modelo pelo mesmo método, para obter um mapa final com três classes de susceptibilidade à erosão hídrica (fig. 4d).

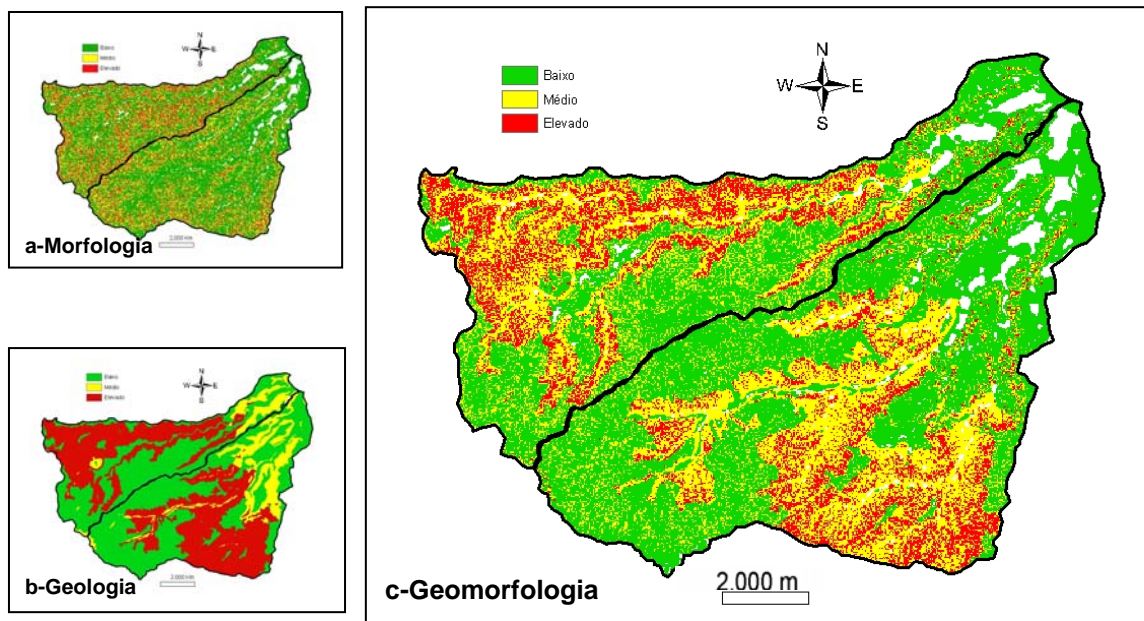


Figura 3 – Susceptibilidade à erosão hídrica em função de factores geomorfológicos (declive, perfil e traçado das vertentes e geologia).

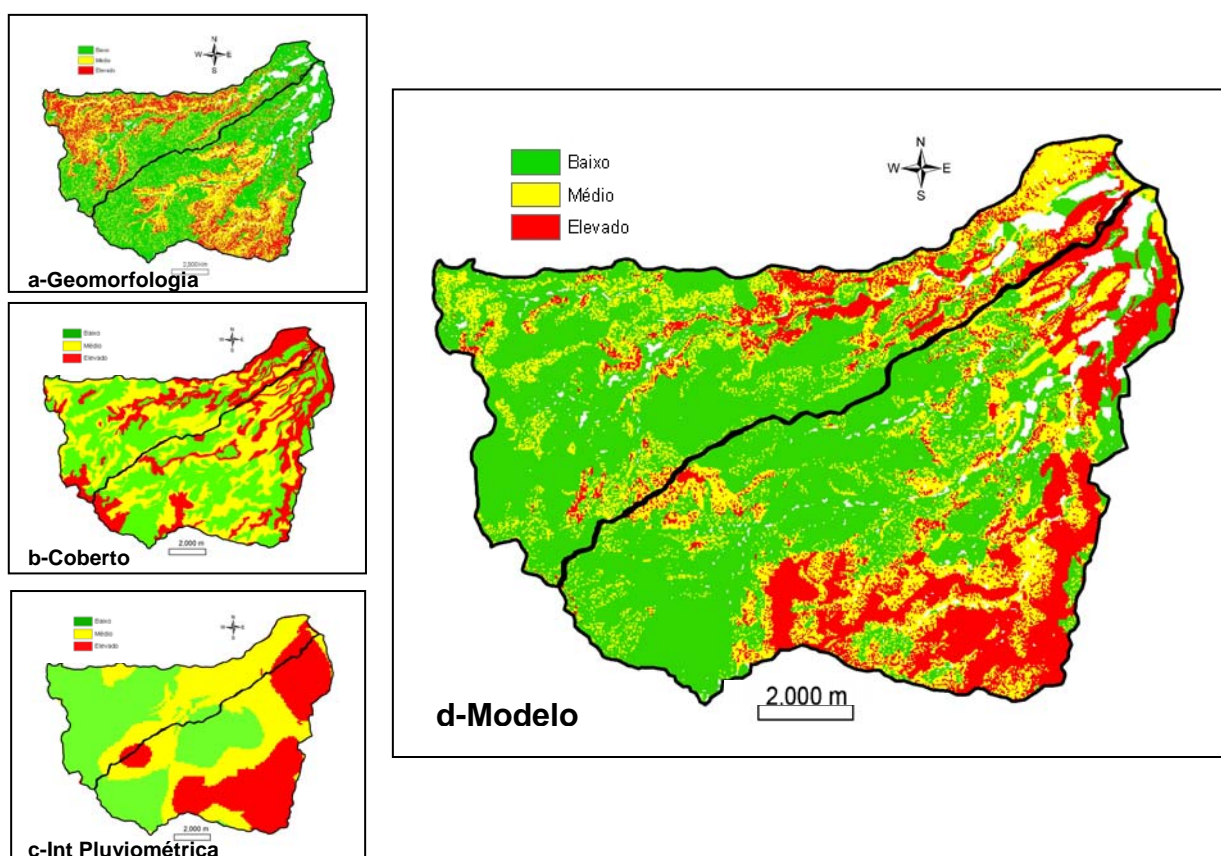


Figura 4 – Modelo de susceptibilidade à erosão hídrica em função de factores geomorfológicos, densidade de coberto do solo e intensidade pluviométrica:

O declive e a geologia são os factores que conferem maiores extensões de susceptibilidade elevada nas duas bacias, com cerca de 40% cada (fig. 5a).

O perfil e o declive das vertentes são condicionantes que conduzem às menores áreas de susceptibilidade baixa, abaixo de 20%, e as maiores superfícies de susceptibilidade média, respectivamente com 53 e 44%. Tornam-se, assim, os factores mais favoráveis à erosão hídrica (fig. 5a), pois, se se atender apenas a eles mais de 80% da área das bacias pode ser considerada de susceptibilidade média e elevada.

Pelo contrário, de acordo com o traçado das vertentes e a geologia apenas se encontra nessas condições de susceptibilidade média e elevada respectivamente 57 e 50% da área das bacias (fig. 5a). São, no entanto, estes dois factores os que registam uma maior área de susceptibilidade baixa, respectivamente com 50 e 44%, pelo que se tornam condicionantes atenuantes de erodibilidade.

Em função da densidade de coberto do solo 75% da superfície das bacias está incluída nas classes de susceptibilidade à erosão hídrica média e elevada.

De acordo com a intensidade pluviométrica a 62% da área das bacias tem uma susceptibilidade média e elevada. Em conformidade com estas duas condicionantes a área de extensão decresce com a susceptibilidade à erosão hídrica (fig. 5a).

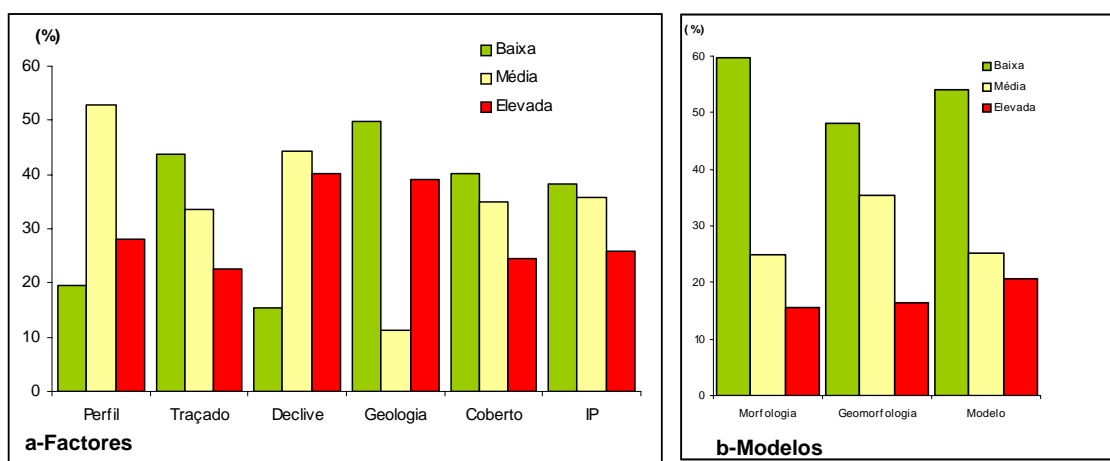


Figura 5 – Áreas de susceptibilidade à erosão hídrica nas bacias das ribeiras dos Picos e Seca.

De acordo com o conjunto dos factores morfológicos (declive, perfil e traçado das vertentes), cerca de 60% da superfície total das bacias apresenta uma erodibilidade baixa, 25% média e 15% elevada (fig. 5b). Verifica-se que os sectores com condições

de erodibilidade mais acentuadas em função das formas de relevo são as de meia vertente e mais próximas dos topos, ao longo dos principais vales (fig. 2d).

Ao juntar à informação morfológica a referente à geologia obtém-se um modelo de condicionantes geomorfológicas em função do qual 48% da área das bacias apresenta uma erodibilidade baixa, 35% média e 16% elevada (fig. 5b). A inclusão da condicionante geológica, no modelo conduziu a uma diminuição da área de susceptibilidade baixa para 48%, sobretudo em detrimento da de valor médio (fig. 5b). Definem-se como áreas mais susceptíveis à erosão hídrica, em função dos factores geomorfológicos, as do sector sudeste da bacia da Ribeira Seca e das vertentes dos maiores colectores da bacia da Ribeira do Picos, onde se encontram as unidades geológicas mais friáveis e onde são mais frequentes os troços de vertentes com declives médios e com perfis rectilíneos (fig. 3b).

Ao adicionar a este modelo de factores geomorfológicos, as condicionantes intensidade pluviométrica e densidade de coberto de solo, para obter o modelo final, aumenta a área de susceptibilidade baixa para 54% e também a elevada para 21%. As áreas de maior susceptibilidade são as vertentes dos sectores terminais dos vales principais e sobretudo a região sudeste da bacia da Ribeira Seca (fig. 4d).

Independentemente do número de factores que se incluam no modelo, apenas três respeitantes à morfologia, os quatro referentes à geomorfologia ou o conjunto dos seis factores, a superfície ocupada decresce das classes de susceptibilidade à erosão hídrica mais baixas para as mais elevadas, sendo a área ocupada por cada classe muito semelhante (fig. 5b).

Com esta metodologia simplificada foi possível obter um mapa de susceptibilidade à erosão hídrica para as bacias das ribeiras dos Picos e Seca, tendo apenas por base a geometria das formas de relevo (declive, perfil e traçado das vertentes), a geologia, factores fundamentais reconhecidos localmente como condicionantes geomorfológicas de erodibilidade. A eles se associou a intensidade pluviométrica, para expressar a erosividade da precipitação, e a densidade de ocupação do solo. Reconhece-se, no entanto, que se poderia vir a melhorar o modelo aperfeiçoando os indicadores de erosividade e os factores morfológicos e de coberto e uso do solo. Seria interessante validar os resultados obtidos por esta metodologia, com registos de campo mais detalhados.

Referências bibliográficas

- Alves, C. M.; Macedo, J. R.; Silva, L. C.; Serralheiro, A. & Faria, A. P., 1979, Estudo geológico, petrológico e vulcanológico da Ilha de Santiago (Cabo Verde). Lisboa, *Garcia de Orta. Série de Geologia*, vol. 3 (1-2): 47-74.
- Barry, O.; Smolikowski, B. & Roose, E., 1995, Un projet de développement innovant au Cap Vert: le PRODAP". Montpellier, *Agriculture et Développement*, 5, p. 57-68.
- Bertrand, R., 1994, *Étude des sols dans les paysages du haut bassin versant de Ribeira Seca*. Montpellier, CIRAD / PRODAP-FIDA / MA INIDA, 78 p.
- Costa, F. L. e Nunes, M.C., 2009, Contribuições para o conhecimento da erosividade das precipitações na facada oriental da Ilha de Santiago (Cabo Verde). Lisboa, *Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos*, no prelo, 10 p.
- Costa, F. L. e Nunes, M.C., 2008a, A precipitação como factor de erosão hídrica na bacia da Ribeira Seca, Santiago, Cabo Verde, Sal, *Workshop Internacional sobre Clima e Recursos Naturais nos Países de Língua Portuguesa. Parcerias na Área do Clima e Ambiente*, 16 p.
- Costa, F. L. e Nunes, M.C., 2008b, Susceptibilidade à erosão hídrica na bacia da Ribeira Seca (Santiago, Cabo Verde). Alcalá de Henares, *Actas XI Colóquio Ibérico de Geografia*, 12 p.
- Costa, F. L. & Nunes, M.C., 2007a, Condicionantes geomorfológicas de erosão hídrica na bacia da Ribeira Seca (Santiago, Cabo Verde). Lisboa, *Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos*, 5: 107-120.
- Costa, F. L. & Nunes, M.C., 2007b, Contributos para o conhecimento da perda de solo na bacia da Ribeira Seca (Santiago, Cabo Verde). A. Heroísmo, *1ª Congresso Lusófono Ciência Regional*, 16 p.
- Costa, F.L., 2006, Impactes do uso do solo nos processos erosivos e nas formas das vertentes em Cabo Verde. Lisboa, *Actas da 1ª Conferência Lusófona sobre o Sistema Terra (Cluster)*, IGBP, 4 p.
- Costa, F. L., 2004, Contribuições para o conhecimento dos processos erosivos em Cabo Verde. Lisboa, *GeoInova. Revista do Departamento de Geografia e Planeamento Regional*, 15: 215-244.
- Costa, F. L., 2002, *Evolução geomorfológica quaternária e dinâmica actual na bacia da Ribeira Seca (Santiago oriental - Cabo Verde)*. Lisboa, Dissertação equivalente a

- Doutoramento apresentada ao Instituto de Investigação Científica Tropical para prestação de provas de acesso à categoria de Investigador Auxiliar, 270 p..
- Ferreira, D. B., 1986, *Étude de la secheresse dans l'île de Santiago (Cap Vert)*. Lisboa, Centro de Estudos Geográficos, Relatório da Linha de Acção de Geografia Física, 23, 112 p..
- Ferreira, D.B., 1996, *Water erosion in the Cape Verde Islands: factors, caracteristiques and methods of control*. In: SLAMAYER, O., *Geomorphic hazards*. Chichester, Jonh Wiley & Sons:. 111-124.
- Haagsma, B., 1990, *Erosion and conservation on Santo Antão. No shortcuts to simple answers*. Ribeira Grande, Ministério do Desenvolvimento Rural, Working Document of Santo Antão Rural Development Project, nr: 2, 54 p.
- JIU/IICT, 1976, *Carta Geológica de Cabo Verde. Ilha de Santiago. Na escala de 1:25.000*. Lisboa, Junta de Investigações do Ultramar (lev. A. Serralheiro, 1970) (folhas 52, 54 e 55).
- Mannaerts, C. (1986), *Contribution à l'évaluation de l'érosion des sols au Cap Vert. Influence des plantations forestières. Réboisements, développement forestier Santiago – Maio*. FAO, Praia, 43 p.
- Roose, E., 1994, *La gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES) une nouvelle méthode de lutte antiérosive testée par le projet PRODAP dans une zone semi aride montagneuse au Cap Vert (Godim, Ribeira Seca, île de Santiago). Compte rendu de la mission du 17 au 29 mai 1994 en appui au PRODAP-FIDA*. S/ ed., S/ local, 18 p.
- Serralheiro, 1976, *A Geologia da ilha de Santiago (Cabo Verde)*. Lisboa, Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 218 p.
- SCE, 1972, *Carta Militar de Portugal. Província de Cabo Verde. Na escala de 1:25.000*. Lisboa, Serviço Cartográfico do Exército, 1972 (folhas 52, 54 e 55).
- SCETAGRI, 1981, *Carta de ocupação dos solos na escala de 1/25.000*. [Praia], Ministério do Desenvolvimento Rural / SCET AGRI (Santiago - folhas Leste e Oeste).
- Wit, P., 1986, *Étude pédologique de trois petits bassins-versants contigus de Fontes*. Praia, F.A.O., GCP/CVI/015/BEL, 16 p.